

*В работе изложены результаты исследования различных видов бумаги с водяными знаками, на основании которых предложены способы оценки качества бумаги при изготовлении и последующей эксплуатации.*

**УДК 656.71.057:629.735.(043.2)**

**Ю.Т. Герасименко**, канд. физ.-мат. наук,  
**П.П. Когут**,  
**В.А. Шевченко**,  
**В.И. Степура**, канд. техн. наук.  
*Национальный авиационный университет.  
Институт электроники и систем  
управления*

## **СПОСОБЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СФОРМИРОВАННЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЦЕННЫХ БУМАГ**

Для защиты различных документов и ценных бумаг, изготовленных на бумажных носителях, используются разные виды степеней защиты, в том числе, и водяные знаки. В процессе производства такой бумаги и дальнейшем ее использовании при изготовлении соответствующих изделий, возникает необходимость контроля выработки бумаги на соответствие техническим условиям производства, а также контроля качества технологических операций, применяемых при изготовлении из нее конечного продукта.

В работе выполнены исследования различных видов бумаги с водяными знаками, на основании которых предложены способы оценки качества состояния бумаги при изготовлении и последующей эксплуатации.

Водяной знак - это рисунок (логотип, текст, мотив), созданный в массе бумаги управляемыми изменениями на бумагоделательной машине. Водяной знак образуется с помощью специального металлического валика - эгутера на плоской сетке бумагоделательной машины. Бумага с водяными знаками производится плотностью 50-250 г/м<sup>2</sup>. Водяные знаки являются одним из основных элементов защиты бумаги от подделки. Виды водяных знаков в соответствии с просветом в бумаге:

- светлый** - позитивный;
- темный** - негативный;
- комбинированный**.

Расположение водяных знаков на бумаге:

- **с непрерывным рисунком** - систематически повторяющийся водяной знак по всему полю;
- **локальный (единичный) водяной знак** - расположен на листе (или в рулоне) в определенном месте.

Нанесение водяного знака происходит путём отлива бумаги за счёт некоторой разницы в толщине слоя волокна. Технология процесса размещения на бумаге водяных знаков с точным и ясным изображением рисунка является очень сложной задачей.

Применение бумаг с водяными знаками: сертификаты, акции, договора, дипломы, платежные документы, гарантийные талоны, гарантийные паспорта, свидетельства и т.д. Рулонная бумага различных цветов с водяными знаками используется для многослойных бланков.

Качество бумаги определяет целый ряд параметров. В случае изготовления ценных бумаг особое внимание уделяется качеству формируемых водяных знаков. Существуют специальные оптические инструменты визуального контроля качества изготавливаемой бумаги. Они позволяют достаточно быстро определять дефекты и предупреждать о необходимости выполнения корректировки. Подобные системы контроля реа-

лизуются на сложных фотосистемах высокого класса стоимостью в десятки тысяч долларов. На экран цветного монитора выводится выделенное изображение, по которому можно определять качество нанесенных знаков, оценивать и распознавать отклонения по контрольным меткам.

В данной работе предлагаются достаточно простые и дешевые способы контроля качества формируемых водяных знаков в процессе изготовления бумаги, основанные на анализе цифрового изображения отдельного водяного знака или его части.

Цифровая обработка сканированных изображений позволяет использовать мощный математический аппарат для анализа изображений.

На первом этапе выполняется оцифровка изображений участков бумаги, полученных фотографированием или сканированием в отраженном или проходящем свете. Сканирование (оцифровка) означает получение цифрового изображения, преобразование визуальной информации в цифровую форму. В основном работают с растровыми и векторными изображениями. Растровые изображения состоят из сеток цветных, серых полутоновых или черно-белых пикселей, или элементов изображения. Цветовые характеристики растровых изображений приводят к большим размерам графических файлов. Поэтому при оцифровке изображения необходимо учитывать размеры оригинала, разрешение при сканировании, формат файла, в котором сохраняется оцифрованное изображение.

Решая вопрос о том, каким образом сканировать оригинал, важно учитывать его оптическую плотность — способность материала пропускать свет. Этот параметр изменяется в диапазоне от 0 до 4,0, а на практике и до 6,0. Оригиналы можно разделить на два широких класса — отражающие и прозрачные. Отражающие материалы, которые включают предварительно отпечатанную продукцию, рисунки от руки на бумаге и фотоснимки, имеют плотность в пределах от приблизительно 1,0 до 2,3. Для получения результатов самого высокого качества необходимо, чтобы динамический диапазон сканера соответствовал характеристикам плотности типичных оцифровываемых оригиналов.

Оцифровка представляет собой процесс, в котором изображение раскладывается на точки, и информация о яркости каждой точки (а в случае цветных изображений и о ее цветности) вводится в компьютер. Наиболее широко распространенными устройствами оцифровки являются сканеры и видео - АЦП. Следует различать эти два вида устройств. В простейшем случае после оцифровки получается двухградационное изображение. При этом оцифровыватель работает с заранее установленным порогом. Ниже этого порога точка изображения воспринимается как черная (цифровое значение 0), а выше порога — как белая (цифровое значение 1). При использовании оцифровывателя, который способен различать 256 уровней серого, на компьютер для черных точек будет передаваться значение 0, а для белых — значение 255. Значения для серых точек будут лежать между этими граничными значениями.

С помощью соответствующих средств и методов для регулирования тональности можно назначать минимальные и максимальные уровни яркости для полутонового или цветного изображения, используя значения от 0 до 255. Значение 0 соответствует черному, а значение 255 - белому. Изменяя эти значения, можно ограничить тоновый диапазон сканированного изображения, не меняя в нем связи относительной яркости и контраста.

Качество оцифрованных изображений зависит от числа отдельных точек, на которые раскладывается изображение, и от точности, с которой производится измерение яркости или соотношения цветов в точках изображения. Эти два фактора называются разрешением по элементам и разрешением по уровням серого. При оцифровке часто используют понятие «пространственное» и соответственно «временное» разрешение.

Пространственное разрешение оказывает решающее влияние на преобразование информации, которая изменяется по пространству, но не меняется во времени. Разрешение по элементам показывает, на какое общее число элементов (точек) разлагается изображение, а пространственное разрешение показывает, сколько элементов приходится на единицу длины. В противоположность этому, временное разрешение играет важную роль при оцифровке сигналов, изменяющихся во времени.

Пиксель - элемент изображения, является минимальной единицей измерения данных изображения. Каждый пиксель растрового изображения имеет четыре основные характеристики — размер, тоновое значение, глубину цвета и позицию. Эти четыре атрибута определяют разрешение.

Все пиксели одного изображения имеют одинаковый размер, который определяется разрешением, с которым было сканировано изображение. При более высоком входном разрешении генерируются пиксели меньшего размера, что обеспечивает большее количество информации и вероятных деталей на единицу измерения, а также большую плавность тоновых переходов. Размер и количество пикселей определяют количество информации, содержащейся в изображении.

Сканеры и цифровые камеры присваивают определенное значение цвета или оттенка серого каждому пикселю изображения. Эффект непрерывности тона возникает из-за малых размеров пикселей, вследствие чего соседние пикселей незначительно отличаются друг от друга по цвету или тону. Разрядность битового представления цвета, или глубина цвета, оцифровывающего устройства, определяет количество возможных цветов или тонов.

Растровое изображение представляет собой сетку дискретных пикселей, каждый из которых имеет определенные горизонтальные и вертикальные координаты внутри сетки.

Если производить оценку только яркостной информации в изображении, то в результате получим чисто черно-белое (т.е. двухградационное) или полутоновое изображение. При цифровой обработке изображений различают два вида нецветных изображений, а именно, двухградационные и полутоновые изображения. Двухградационное изображение состоит только из черных и белых элементов, полутоновые изображения содержат также и промежуточные оттенки серого.

Монохромное изображение представляет собой двумерную матрицу яркости в пространственных координатах. Цифровое изображение – таблица значений яркости. Яркость точки – значение от 0 до 255, что соответствует изображению в градациях серого с глубиной яркости 8 бит. Анализ цифрового изображения сводится к анализу матрицы, в которой значениями является яркость. В случае полноцветного изображения такая матрица яркости есть для каждого цвета.

Следующим этапом после оцифровки изображений участков бумаги с водяными знаками является математическая обработка полученных.

Список программного обеспечения, используемого для обработки изображений, достаточно велик. Если дело касается данных, уже представленных в форме изображений, то для этих целей в принципе можно использовать Adobe Photoshop и аналогичные системы растровой графики. Они позволяют применять достаточно широкий спектр методов обработки и трансформации изображений, а также их статистического анализа. Такой подход приводит к потере точности и определенным затруднениям численной интерпретации.

Применения подобных систем имеет определенные недостатки. Во-первых, для этих систем важно в первую очередь визуальное восприятие изображений, а не численные значения его элементов. При этом диапазон данных обычно шире диапазона доступных цветов, которыми может быть представлено изображение. По этой причине в

ряде случаев обработка данных на уровне изображений может привести не только к потере полезной информации, но и к неверным результатам. Вторым недостатком систем растровой графики заключается в том, что они не обеспечивают необходимой функциональности. Третий недостаток состоит в том, что эти системы позволяют работать лишь с данными, представленными в виде файлов стандартных графических форматов, и тем самым не дают возможности непосредственной визуализации произвольных данных.

Существуют специализированные программы обработки изображений. Например, такие свободно-распространяемые пакеты, как ScionImage и Visio Pro, а также продаваемая система IP Lab. Они удобней систем растровой графики и позволяют производить различную специализированную обработку, такую как фильтрация, интерполяция, сегментация, спектральный анализ. Эти системы в целом рассчитаны на изображения небольшого объема, как правило, полностью уместящиеся на экране монитора.

Задача обработки двумерных данных шире задачи обработки изображений. Трактуя данные в зависимости от их природы различным способом, можем применять к ним ряд методов алгебры, анализа, математической статистики, решать дифференциальные и интегральные уравнения. Для этих целей можно использовать системы инженерных вычислений.

В настоящее время для решения подобных задач чаще всего применяют электронные таблицы Excel и специальные математические программы Mathcad, Mathematica, Maple и др. Технология работы в средах Excel и Mathcad имеет много общего, например, процесс создания программы идет параллельно с ее отладкой и оптимизацией, отладочные фрагменты можно оставить в готовой таблице или в Mathcad-документе. И в среде Excel, и в среде Mathcad, математический аппарат можно расширять, создавая пользовательские операторы, функции и процедуры. Для этого Excel и Mathcad имеют встроенные языки программирования. В систему Mathcad интегрированы средства символьной математики, что позволяет решать поставленные задачи не только численно, но и аналитически. Для автоматизации математических расчетов могут использоваться компьютерные программы узкого специального назначения или универсальные программные средства, составленные с использованием конструкций языков высокого уровня (Фортран, Pascal, Си). Однако разработка таких программных средств требует соответствующей подготовки в практике программирования и достаточно большого времени. Поэтому предпочтительнее использовать интегрированные системы для автоматизации математических расчетов, например, Mathcad. Существенным достоинством подобного программного обеспечения является то, что в нем описание решения математических задач дается с помощью привычных для математических формул и знаков. Такой же вид имеют и результаты вычислений. Кроме того, пользователям предоставлена возможность составлять собственные программы-функции и использовать принципы модульного программирования для реализации оригинальных вычислительных алгоритмов.

Визуализация двумерных экспериментальных данных часто рассматривается как отдельная задача. Такие данные обычно представляют в виде изображений или поверхностей в перспективной проекции. Описанные выше программы позволяют с определенными ограничениями производить такую визуализацию.

На рис. 1 приведено сканированное изображение специального локального водяного знака, нанесенного по краю рулона ценной бумаги. Назначение такого водяного знака – возможность контроля по фрагменту бумаги качества изготовления всего рулона в целом.



Рис. 1. Сканированное изображение специального водяного знака

Реальная площадь объекта – несколько квадратных миллиметров. Размер цифрового изображения -  $400 \times 287$  пикселей. Горизонтальное и вертикальное разрешение сканирования – 300 точек/дюйм. Размер файла в bmp-формате – 514 килобайт.

На рис. 2 показаны варианты обработанного с помощью программы Mathcad фрагмента изображения водяного знака.

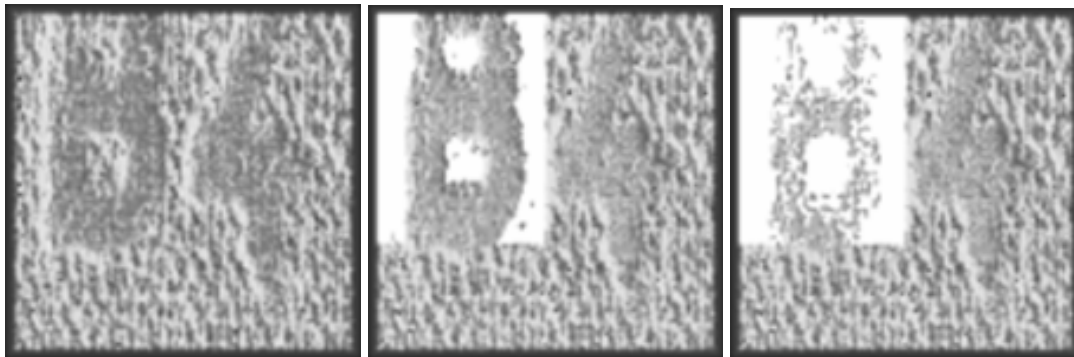


Рис. 2. Обработка части цифрового изображения водяного знака в программе Mathcad

Судить о качестве сформированного водяного знака можно сравнивая его изображение с эталоном водяного знака. В данном случае качество изготовления водяного знака оценивается как удовлетворительное.

На рис. 3 приведено сканированное изображение водяного знака, систематически повторяющегося по всему полю бумаги. Реальные размеры этого водяного знака значительно превышают размеры предыдущего, но размер цифрового изображения -  $150 \times 141$  пикселей. Горизонтальное и вертикальное разрешение сканирования – 70 точек/дюйм. Размер файла в bmp-формате – 22,5 килобайт.

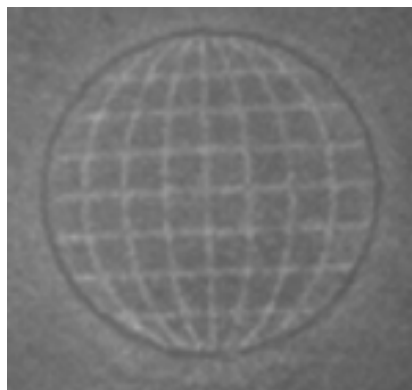


Рис. 3. Сканированное изображение водяного знака

На рис. 4, а показаны варианты позитивного и негативного (инвертированного) цифрового изображения водяного знака, полученные с помощью программы Mathcad. Часто достаточно исследовать только часть изображения, чтобы судить о качестве все-

го знака. На рис. 4, б показаны цифровые изображения части водяного знака, полученные с помощью программы Excel.

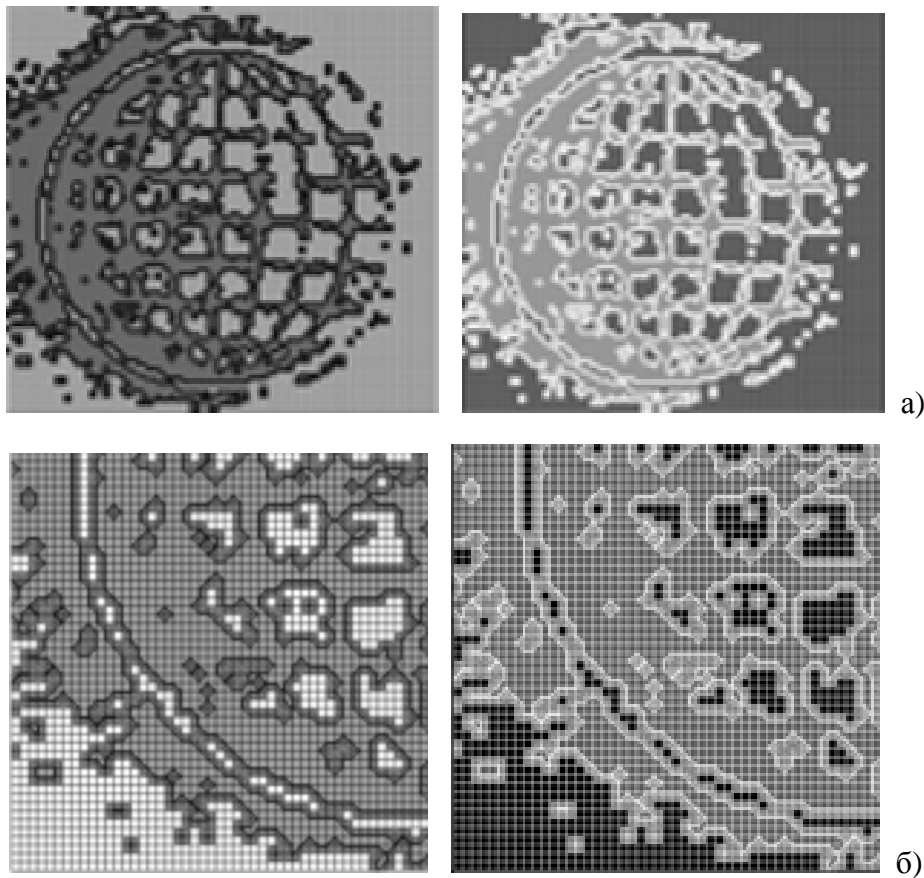


Рис. 4. Обработка цифрового изображения водяного знака в программе Mathcad (а) и Excel (б)

На заключительном этапе работы выполняется анализ полученных результатов и сопоставление их с нормированными величинами, что позволяют оценить качество нанесенных знаков и выявить места, в которых параметры бумаги или местоположение водяных знаков не соответствует требованиям технических условий или нормам качества продукции.

### Список литературы

1. Дьяконов В. П. Mathematical 4. – СПб.: Питер, 2001. - 656 с.
2. Шмидский Я.К. Mathematical 5. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. - 592 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений – М.: Техносфера, 2006. - 616 с.
4. Бидасюк Ю. М. MathCAD 12. – М.: Диалектика, 2005.- 224 с.
5. Степаненко О. С. Сканеры и сканирование. Краткое руководство. – М.: Диалектика, 2005 - 288с.
6. Найджел Чепмен, Дженни Чепмен. Цифровые технологии мультимедиа. – М.: Диалектика, 2005- 624 с.
7. Эммануил С. Айфичер, Барри У. Джервис Цифровая обработка сигналов: практический подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008 - 992 с.
8. Кишик А. Н. Цифровая фотография. – М.: ДиаСофт, 2005 -352 с.
9. Б. Яне. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2007 – 584 с.
10. Степаненко О. С. Сканеры и сканирование. – М.: Диалектика 2005 -288 с.
11. Дэвид Буш Секреты цифрового сканирования со слайдов, пленок и диапозитивов. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006 - 368 с.

СПОСОБИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СФОРМОВАНИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ У ПРОЦЕСІ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

Ю.Т. Герасименко, П.П. Когут, В.О. Шевченко, В.І. Степура

*У роботі викладені результати дослідження різних видів паперу з водяними знаками, на підставі яких запропоновані способи оцінки якості паперу при виготовленні і подальшій експлуатації.*

METHODS OF ESTIMATION OF QUALITY OF THE FORMED THREAD-  
MARKS IN THE PROCESS OF MAKING OF SECURITIES

U. T. Gerasymenko, P.P. Kogut, V.O.Shevchenko, V.I. Stepura

*The results of research of different types of paper are in-process expounded with thread-marks on the basis of which the methods of estimation of quality of paper are offered at making and subsequent exploitation.*